

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-141529  
(P2003-141529A)

(43) 公開日 平成15年5月16日 (2003.5.16)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 6 T 3/40		G 0 6 T 3/40	C 5 B 0 5 7
1/00	2 8 0	1/00	2 8 0 5 C 0 2 4
H 0 4 N 5/335		H 0 4 N 5/335	V

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-337227(P2001-337227)  
(22) 出願日 平成13年11月2日 (2001.11.2)

(71) 出願人 396020800  
科学技術振興事業団  
埼玉県川口市本町4丁目1番8号  
(72) 発明者 谷田 純  
兵庫県神戸市須磨区道正台1丁目1番4-710  
(72) 発明者 山田 憲嗣  
大阪府河内長野市日東町16-13  
(74) 代理人 100084135  
弁理士 本庄 武男

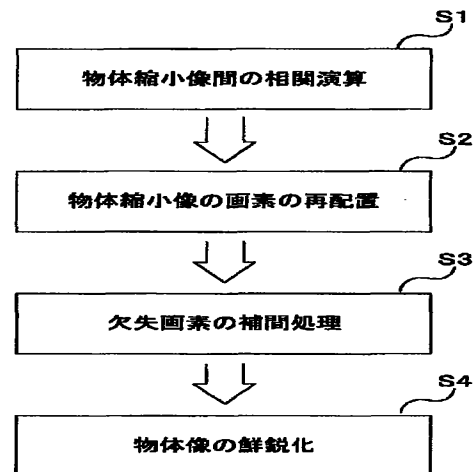
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像再構成法及び画像再構成装置

(57) 【要約】

【課題】 マイクロレンズアレイによって受光素子上に結像される複数の低解像度な物体縮小像から単一の物体像を回復する画像再構成法において、物体と上記マイクロレンズアレイとの距離や、上記マイクロレンズアレイ及び上記受光素子におけるアライメント誤差に関係なく、高解像な物体像を形成可能な画像再構成法を提供すること。

【解決手段】 物体縮小像間の相対位置を該物体縮小像間のシフト量に関する相関演算によって算定する第1の工程と、上記物体縮小像の画素を上記第1の工程により得られたシフト量に基づいて上記相対位置のずれの修正された単一の物体像として同一領域上に再配置する第2の工程と、上記再配置された上記物体像の欠失した画素を補間処理により得る第3の工程と、上記補間処理された上記物体像を鮮鋭化処理する第4の工程とを具備してなる画像再構成法として構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数のマイクロレンズが配列されたマイクロレンズアレイにより、受光素子上に結像される複数の物体縮小像から単一の物体像を再構成する画像再構成法において、上記物体縮小像間の相対位置を、上記物体縮小像間のシフト量に関する相関演算によって算定する第 1 の工程と、上記物体縮小像の画素を、上記第 1 の工程により得られたシフト量に基づいて上記相対位置のずれの修正された単一の物体像として同一領域上に再配置する第 2 の工程と、を具備してなることを特徴とする画像再構成法。

【請求項 2】 複数のマイクロレンズが配列されたマイクロレンズアレイにより、受光素子上に結像される複数の物体縮小像から単一の物体像を再構成する画像再構成法において、上記物体縮小像間の相対位置を、上記物体縮小像間のシフト量に関する相関演算によって算定する第 1 の工程と、上記物体縮小像の画素を、上記第 1 の工程により得られたシフト量に基づいて上記相対位置のずれの修正された単一の物体像として同一領域上に再配置する第 2 の工程と、上記第 2 の工程により再配置された上記単一の物体像の欠失した画素を、補間処理により得る第 3 の工程と、を具備してなることを特徴とする画像再構成法。

【請求項 3】 上記第 3 の工程で得られた上記単一の物体像を鮮鋭化処理する第 4 の工程を更に具備してなる請求項 2 に記載の画像再構成法。

【請求項 4】 上記シフト量を、上記相関演算に用いられる相関関数における相関ピークとして算定する請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の画像再構成法。

【請求項 5】 上記シフト量を、上記相関関数を所定の範囲で積分して得られる領域を 2 等分するシフト量に基づいて決定する請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の画像再構成法。

【請求項 6】 上記相関関数として、線形補間された離散的な相関関数を用いてなる請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の画像再構成法。

【請求項 7】 複数のマイクロレンズが配列されたマイクロレンズアレイにより、受光素子上に結像される複数の物体縮小像から単一の物体像を再構成する画像再構成装置において、上記物体縮小像間の相対位置を、上記物体縮小像間のシフト量に関する相関演算によって算定する第 1 の手段と、上記物体縮小像の画素を、上記第 1 の手段により得られたシフト量に基づいて上記相対位置のずれの修正された単一の物体像として同一領域上に再配置する第 2 の手段と、を具備してなることを特徴とする画像再構成装置。

【請求項 8】 複数のマイクロレンズが配列されたマイクロレンズアレイにより、受光素子上に結像される複数の物体縮小像から単一の物体像を再構成する画像再構成装置において、上記物体縮小像間の相対位置を、上記物

体縮小像間のシフト量に関する相関演算によって算定する第 1 の手段と、上記物体縮小像の画素を、上記第 1 の手段により得られたシフト量に基づいて上記相対位置のずれの修正された単一の物体像として同一領域上に再配置する第 2 の手段と、上記第 2 の手段により再配置された上記単一の物体像の欠失した画素を、補間処理により得る第 3 の手段と、を具備してなることを特徴とする画像再構成装置。

【請求項 9】 上記第 3 の手段で得られた上記単一の物体像を鮮鋭化処理する第 4 の手段を更に具備してなる請求項 8 に記載の画像再構成装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数のマイクロレンズを利用した複眼画像入力装置を用いて取得した複数の低解像な物体縮小像から、高解像な単一の物体像を再構成する手法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】様々な画像情報を、効率的且つ高品質に取得する画像入力装置としては、デジタルカメラ、ビデオカメラ等、被写体である物体に対向する単一の光学系によって物体像を取得する構成の画像入力装置が広く用いられている。しかし、近年、画像入力装置の更なる小型、薄型化を図るために、昆虫等に見られる複眼構造を模倣した複眼画像入力装置が開発されている。該複眼画像入力装置は、複数のマイクロレンズを配列したマイクロレンズアレイと平面状に形成された受光素子とを具備して概略構成されており、上記マイクロレンズアレイによって上記受光素子上に結像される複数の低解像な物体縮小像を信号処理することにより単一の物体像を再構成する構成である。従って、単一の光学系を用いた画像入力装置に較べて小型、薄型の構成であるにも拘わらず、明るい光学系を実現するものであるが、一つ一つの物体縮小像は解像度が低い欠点を有しており、これら複数の物体縮小像を用いて解像度の高い画像を再構成することが行われている。上記のような複数の低解像な物体縮小像から単一の物体像を再構成する複眼画像入力装置の画像再構成法としては、例えば熊谷の修士論文“複眼光学系を用いた画像入力システムに関する研究”（大阪大学、2000）、谷田、熊谷等の論文“Thin observation module by bound optics (TOMBO): concept and experimental verification” Appl. Opt. 40, 1806-1813 (2001)において相加平均法と擬似逆行行列法が開示されている。前者の相加平均法は、上記物体縮小像の重心位置を基準として重ね合わせることにより、単一の物体像を再構成する手法である。後者の擬似逆行行列法は、先ず、被写体である物体と物体縮小像とをベクトルで表現し、光学系の点像分布関数を行列で記述する。続

いて、該点像分布関数の逆行列を数学的に演算することにより、単一の物体像を再構成する手法である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記複眼画像入力装置は、同一物体を異なる視点から複数の微小光学系で撮像するものであり、上記複数の物体縮小像には視差が含まれるが、上述の相加平均法は、受光素子上に形成された複数の低解像な物体縮小像を単に重ねる手法であるため、上記物体縮小像間の視差が物体情報の位置ゆらぎとなり、再構成される物体像の解像度は向上せず、高い解像度を得ることはできない。一方、上述の擬似逆行列法では、理論上、上記点像分布関数を正確に記述することによって再構成される物体像の解像度を高くすることが可能となる。しかし、実際には物体と上記マイクロレンズアレイとの距離、或いは上記マイクロレンズアレイと上記受光素子との距離を正確に取得すること、及び上記マイクロレンズアレイ及び上記受光素子のアライメント誤差による影響を正確に取得することは困難である。このため、上記点像分布関数を、正確に記述することは出来ない。更には、逆行列を求める演算においても、該点像分布関数の逆行列は厳密に求めることができないため、近似的な逆行列である擬似逆行列を用いざるを得ない。このため、該擬似逆行列法を用いて再構成し、取得される物体像の解像度の低下を回避できない。そこで、本発明は上記課題に鑑みて成されたものであり、その目的とするところは、上記マイクロレンズアレイによって上記受光素子上に結像する複数の低解像な物体縮小像から単一の物体像を回復する画像再構成法において、物体と上記マイクロレンズアレイとの距離が不定である場合や、上記マイクロレンズアレイ及び上記受光素子のアライメント誤差がある場合にも、高解像な単一の物体像を形成する再構成手法を提供することにある。

【0004】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために請求項1に記載の発明は、複数のマイクロレンズが配列されたマイクロレンズアレイにより、受光素子上に結像される複数の物体縮小像から単一の物体像を再構成する画像再構成法において、上記物体縮小像間の相対位置を、上記物体縮小像間のシフト量に関する相関演算によって算定する第1の工程と、上記物体縮小像の画素を、上記第1の工程により得られたシフト量に基づいて上記相対位置のずれの修正された単一の物体像として同一領域上に再配置する第2の工程とを具備してなることを特徴とする画像再構成法として構成されている。このように構成することによって、物体とマイクロレンズアレイとの距離や、マイクロレンズアレイ及び受光素子におけるアライメント誤差とは関係なく、上記受光素子上に結像された上記物体縮小像から算定可能な相対位置情報に基づいて、該相対位置のずれの修正された単一の物体像

として物体像を再構成可能であるため、高い解像度を得ることができる。

【0005】また、複数のマイクロレンズが配列されたマイクロレンズアレイにより、受光素子上に結像される複数の物体縮小像から単一の物体像を再構成する画像再構成法において、上記物体縮小像間の相対位置を、上記物体縮小像間のシフト量に関する相関演算によって算定する第1の工程と、上記物体縮小像の画素を、上記第1の工程により得られたシフト量に基づいて上記相対位置のずれの修正された単一の物体像として同一領域上に再配置する第2の工程と、上記第2の工程により再配置された上記単一の物体像の欠失した画素を、補間処理により得る第3の工程とを具備してなることを特徴とする画像再構成法として構成されても良い。請求項1に記載の画像再構成法では、視差による物体縮小像間のずれが解消される一方、情報が得られない画素の発生を招くこともあるが、補間処理によって美しい再構成画像を得ることができる。

【0006】更に、上記補間処理で得られた単一の物体像を鮮鋭化処理する第4の工程を具備しているものも考えられる。このように構成することによって、請求項2に記載の画像再構成法で得られた再構成画像に対してエッジ強調等の鮮鋭化処理を施すことが可能となり、更に解像度の高い再構成画像を得ることができる。

【0007】ここで、上記シフト量を上記相関演算に用いられる相関関数における相関ピークとして算定することによって、物体とマイクロレンズアレイとの距離や、マイクロレンズアレイ及び受光素子におけるアライメント誤差とは関係なく、上記物体縮小像の画像情報から、該物体縮小像間の相対位置情報を算定することが可能となる。

【0008】また、上記シフト量を上記相関関数を所定の範囲で積分して得られる領域を2等分するシフト量に基づいて決定する形態も考えられる。このような形態によれば、上記相関関数として離散的な相関関数を線形補間した相関関数を適用した場合等、相関ピークを示すシフト量を相関関数から直接的に読み取ることが困難である場合にも、相関ピークを示すシフト量を算定することが可能となる。

【0009】ここで、複眼画像入力装置を用いて取得する物体縮小像は、物体の画像情報を受光素子によって取得した離散的な点の集合である。また、算定すべきシフト量は離散点の間隔より小さい。このため、物体縮小像間の相関演算には、離散的な相関関数が適用され、且つ該相関関数における相関ピークを示すシフト量の算定には、上記離散的な相関関数を線形補間したものが用いられることになる。

【0010】請求項1に記載の発明を画像再構成装置として捉えると、複数のマイクロレンズが配列されたマイクロレンズアレイにより、受光素子上に結像される複数の

の物体縮小像から単一の物体像を再構成する画像再構成装置において、上記物体縮小像間の相対位置を、上記物体縮小像間のシフト量に関する相関演算によって算定する第1の手段と、上記物体縮小像の画素を、上記第1の手段により得られたシフト量に基づいて上記相対位置のずれの修正された単一の物体像として同一領域上に再配置する第2の手段とを具備してなることを特徴とする画像再構成装置となる。このように構成することによって、物体とマイクロレンズアレイとの距離や、マイクロレンズアレイ及び受光素子におけるアライメント誤差とは関係なく、上記受光素子上に結像された上記物体縮小像から算定可能な相対位置情報に基づいて、該相対位置のずれの修正された単一の物体像として物体像を再構成可能であるため、高い解像度を得ることができる。例えば、各手段の一実施例としては、上述した請求項1における各工程を実行可能であって、コンピュータ等に格納されたプログラムであることが望ましい。

【0011】また、請求項2に記載の発明についても同様に、複数のマイクロレンズが配列されたマイクロレンズアレイにより、受光素子上に結像される複数の物体縮小像から単一の物体像を再構成する画像再構成装置において、上記物体縮小像間の相対位置を、上記物体縮小像間のシフト量に関する相関演算によって算定する第1の手段と、上記物体縮小像の画素を、上記第1の手段により得られたシフト量に基づいて上記相対位置のずれの修正された単一の物体像として同一領域上に再配置する第2の手段と、上記第2の手段により再配置された上記単一の物体像の欠失した画素を、補間処理により得る第3の手段とを具備してなることを特徴とする画像再構成装置と考えられる。これにより、欠失した画素を含む再構成画像を補間処理することが可能となり、美しい再構成画像を得ることができる。

【0012】更にまた、請求項3に記載の発明についても、上記補間処理で得られた単一の物体像を鮮鋭化処理する第4の手段を更に具備してなる形態として考えられよう。このような形態によれば、ぼけのある再構成画像をエッジ強調等の鮮鋭化処理することが可能となり、更に解像度の高い再構成画像を得ることができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下添付図面を参照しながら、本発明の実施の形態及び実施例について説明し、本発明の理解に供する。尚、以下の実施の形態及び実施例は、本発明を具体化した一例であって、本発明の技術的範囲を限定する性格のものではない。ここに、図1は本実施の形態に係る画像再構成法の流れを示す図、図2はマイクロレンズアレイによって受光素子上に結像され、画像情報に変換された物体縮小像を示す図（(a)は全体図、

(b)は拡大図）、図3は物体縮小像間の相関関数を示す図、図4は画像の再配置についての概略説明図、図5は相対位置に従って上記物体縮小像の画素を単一の物体

像として再配置した画像を示す図、図6は再配置された単一の物体像の欠失した画素を補間処理した画像を示す図、図7は補間処理された単一の物体像を鮮鋭化処理した画像を示す図である。

【0014】ここで、図1を用いて、本発明に係る画像再構成法の手順の概要を説明する。以下S1、S2、は処理手順（ステップ）の番号を示す。先ず、図1の処理が開始される前に、複数のマイクロレンズが配列されたマイクロレンズアレイによって複数の物体縮小像が、受光素子上に結像されているものとする。図2(a)は、被写体である「A」の複数の物体縮小像が上記受光素子上に結像し、画像情報に変換された様子を示している。また、該物体縮小像は、該物体縮小像を拡大した図2(b)が示すように、解像度の低い粗い画像情報である。上記複数の物体縮小像が結像されると、先ずステップS1では、上記物体縮小像間のシフト量に関する相関演算を実施し、上記物体縮小像間の相対位置を算出する。続いて、ステップS2では、上記物体縮小像の画素を、上記相対位置のずれの修正された単一の物体像を同一領域上に再配置する。この上記相対位置のずれ量は各光学系（マイクロレンズ）間の視差によって生じるものである。このように、本発明に係る画像再構成法は、上記受光素子上に結像された上記物体縮小像のシフト量に関する相関演算を利用して、該物体縮小像間の相対位置を算出することにより、視差によるずれが解消された単一の物体像を再構成することが可能である。これにより、被写体である物体とマイクロレンズアレイとの距離や、マイクロレンズアレイ及び受光素子におけるアライメント誤差とは関係なく鮮明な単一画像を取得することが出来る。続いて、ステップS3では、上記再配置された上記単一の物体像の欠失した画素の補間処理を行う。これにより、欠失画素のない美しい画像を得ることが出来る。最後に、ステップS4では、上記補間処理で得られた上記単一の物体像を、鮮鋭化処理することにより、さらに高い解像度の物体像を取得することができる。

【0015】以下に、上述した各処理手順の詳細について、ステップS1から説明する。

(S1) ステップS1では、上記物体縮小像間の相対位置を算出している。ここで、本発明に係る画像再構成法は、上記物体縮小像間の相対位置を算出するために相関演算を用いている。即ち、上記物体縮小像間のシフト量に関する相関演算によって算出される相関ピークを示すシフト量に基づいて、上記物体縮小像間の相対位置を算定している。以下に、上記物体縮小像間の相対的なシフト量に関する相関演算の詳細について説明する。先ず、簡単のため、上記物体縮小像の相対的なシフト量を平行移動のみであると仮定して考える。一般に、2つの2変数関数  $f(x, y)$ 、 $g(x, y)$  の正規化相互相関関数  $R_c(x, y)$  は下記式1で定義される。

【0016】

【数 1】

$$Rc(x, y) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x', y') g(x' - x, y' - y) dx' dy'}{\sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} |f(x', y')|^2 dx' dy'} \sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} |g(x', y')|^2 dx' dy'}} \quad \text{式 1}$$

【0017】ここで、上記物体縮小像は同一形状であるため、上記2変数関数  $f(x, y)$ 、 $g(x, y)$  を同一と考えると、上記相関信号波形  $Rc(x, y)$  は、図3(a)の破線で示すように、相関ピーク（図3では  $x\_peak$ ）を中心として左右対象となる。この場合、

$$\int_{-\infty}^{x\_peak} R(x) dx = \int_{x\_peak}^{\infty} R(x) dx$$

【0019】従って、上記複眼画像入力装置における上記物体縮小像に対して上述した式1及び式2を適用することによって、該物体縮小像間の相関ピークを算出すれば、該物体縮小像間の相対位置を算定できる。しかしながら、上記複眼画像入力装置における上記物体縮小像は、上記受光素子によってサンプリングされた離散した点によって構成されるため、正規化相互相関関数は離散

$$Rd(x_i, y_j) = \frac{\sum_{k=0}^M \sum_{l=0}^N f(x_k, y_l) g(x_k - x_i, y_l - y_j)}{\sqrt{\sum_{k=0}^M \sum_{l=0}^N |f(x_k, y_l)|^2} \sqrt{\sum_{k=0}^M \sum_{l=0}^N |g(x_k, y_l)|^2}} \quad \text{式 3}$$

【0021】更に、上記相関関数  $Rd(x_i, y_j)$  の相関ピークを示すシフト量を求めるために、下記式4に従って線形補間し、図3(a)に実線で示す相関関数  $Rc'(x, y)$  を得る。ここで、 $[x]$  は  $x$  の整数部分

$$Rc'(x) = Rd([x]) + \{Rd([x] + 1) - Rd([x])\}(x - [x]) \quad \text{式 4}$$

【0023】しかしながら、図3(a)に示すように、上記式4によって得られた相関関数  $Rc'(x, y)$  は、離散的な相関関数を線形補間したものであるため、該相関関数  $Rc'(x, y)$  から直接的に正確な  $x\_peak$  を識別することが出来ない。そこで、上記物体縮小像が同一であるために、上記相関信号波形  $Rc'(x, y)$  が  $x\_peak$  を中心として左右対象となることを利用する。即ち、上述の式2に対して上記  $Rc'(x, y)$  を適用することにより、図3(b)に示すように、 $Rc'(x, y)$  を所定の範囲で積分して得られる領域を2等分するシフト量に基づいて  $x\_peak$  を算出する。これにより、上記各物体縮小像間の相対位置を算定することが可能となる。同様の手順を全ての物体縮小像について繰り返すことによって、ある規準とする物体縮小像に対する、全ての物体縮小像の相対位置を算定する。ここで、図3(b)に示すように、上記  $x\_peak$  を算出の際に、所定の閾値  $T$  を設けて、該閾値を上回るデータについてのみ積分を施しても良い。上記閾値  $T$  を設けることにより、上記物体縮小像間の相関ピー

$Rc(x, y)$  と  $x\_peak$  の間に、下記式2の関係が成り立つことは容易に理解できる。ここで、簡単のために、下記式2は一次元で表している。

【0018】

【数2】

式2

的となり、下記式3で定義される離散的な相関関数  $Rd(x_i, y_j)$  が適用される。（図3(a)には矢印で示す）ここで、サンプリングされたシフト位置を  $\{x_i: i=0, 1, 2, \dots, N, y_j: j=0, 1, 2, \dots, M\}$  とした。

【0020】

【数3】

を示す。

【0022】

【数4】

ク近傍のデータを用いて相対位置を算定可能となり、より正確な相対位置を算出することができる。ここで、上述したステップS1を実行可能であって、コンピュータ等の記憶装置に格納されたプログラムが、請求項7～9に記載した第1の手段の一実施例である。

【0024】(S2)ステップS2では、上記ステップS1で算出した上記相対位置のずれの修正された単一の物体像として、上記物体縮小像の画素を同一領域上に再配置を行う。上記再配置の手順について図4を用いて説明する。ここで、図4に示すA、B、Cは、上記受光素子上に結像された  $3 \times 3$  の画素を持つ物体縮小像であり、更にDは単一の物体像が再配置される領域であって、画素数は受光素子全体と同数とする。ステップS2では、まず、上記ステップS1において、上記物体縮小像間の相対位置を演算の基準とした物体縮小像（図4ではBで表す）の画素を領域Dのスケールを併せて、矢印で示すように配置する。続いて、他の物体縮小像（図4ではA、Cで表す）の画素を、上記ステップS1で算出した上記物体縮小像Bに対する相対位置に基づいて領域

Dに再配置する。これにより、領域D上に、上記相対位置のずれの修正された単一の物体像として再配置することが可能となる。また、再配置の際に画素値自体に操作は行わないため、ノイズ成分の不要な増幅が見られることも無い。実際に図2(a)から再構成した単一の物体像を図5に示す。図2(b)に示した上記物体縮小像と較べて、解像度が著しく向上していることが理解される。ここで、上述したS1と同様に上記ステップS2を実行可能なプログラムが、請求項7～9に記載した第2の手段の一実施例である。

【0025】(S3)ステップS3では、上記再配置された上記単一の物体像の欠失した画素の補間処理を行う。上記ステップS2で得られた単一の物体像は、各物

$$P_{del}(i) = P1 + (P2 - P1) \frac{i}{N_{del} + 1}$$

【0027】そこで、対象とする欠失画素に対して、水平及び垂直方向に上記式5を適用し、得られた値の平均値を該欠失画素に対する画素値とする。これにより、図5に示す単一の物体像に含まれる欠失画素に対して、上述した補間処理を施すことによって得られる単一の物体像は、図6に示すように、より物体形状に近い画像とすることが出来る。ここで、上述したS1或いはS2と同様に上記ステップS3を実行可能なプログラムが、請求項7～9に記載した第3の手段の一実施例である。

【0028】(S4)ステップS4では、上記補間処理で得られた上記単一の物体像を、鮮鋭化処理する。ここで、上記ステップS3で得られた単一の物体像は、図6に示すようにぼけのある画像である。そこで、周知である高域強調フィルタ等の手法を用いて高い周波数成分を強調することによって、エッジ強調を行い画像を鮮鋭化する。これにより得られる単一の物体像は、図7に示すようにエッジ強調された、高解像度な画像とすることが可能となる。ここで、上述したS1～S3と同様に上記ステップS4を実行可能なプログラムが、請求項7～9に記載した第4の手段の一実施例である。

【0029】

【発明の効果】以上説明したように、上記目的を達成するために請求項1に記載の発明は、複数のマイクロレンズが配列されたマイクロレンズアレイにより、受光素子上に結像される複数の物体縮小像から単一の物体像を再構成する画像再構成法において、上記物体縮小像間の相対位置を、上記物体縮小像間のシフト量に関する相関演算によって算定する第1の工程と、上記物体縮小像の画素を、上記第1の工程により得られたシフト量に基づいて上記相対位置のずれの修正された単一の物体像として同一領域上に再配置する第2の工程とを具備してなることを特徴とする画像再構成法として構成されている。このように構成することによって、物体とマイクロレンズアレイとの距離や、マイクロレンズアレイ及び受光素子

体縮小像の画素を拡大された同一領域内に再配置しただけの画像であるため、物体と上記マイクロレンズアレイとの物体距離によっては、図5に示すように黒い斑点で示される欠失画素を含む場合がある。そのため、上記のように欠失画素がある場合、その周辺の画素値を用いて補間する。この際、欠失画素では水平、或いは垂直方向に対して線形的に画素値が変化すると仮定すると、欠失画素が $N_{del}$ 個連続している場合、その $i$ 番目の欠失画素に対して補間する画素値 $P_{del}(i)$ は下記式5を適用して算出可能である。ここで、 $P1$ 、 $P2$ は欠失画素に隣接する画素の画素値である。

【0026】

【数5】

式5

におけるアライメント誤差とは関係なく、上記受光素子上に結像された上記物体縮小像から算定可能な相対位置情報に基づいて、該相対位置のずれの修正された単一の物体像として物体像を再構成可能であるため、高い解像度を得ることができる。

【0030】また、複数のマイクロレンズが配列されたマイクロレンズアレイにより、受光素子上に結像される複数の物体縮小像から単一の物体像を再構成する画像再構成法において、上記物体縮小像間の相対位置を、上記物体縮小像間のシフト量に関する相関演算によって算定する第1の工程と、上記物体縮小像の画素を、上記第1の工程により得られたシフト量に基づいて上記相対位置のずれの修正された単一の物体像として同一領域上に再配置する第2の工程と、上記第2の工程により再配置された上記単一の物体像の欠失した画素を、補間処理により得る第3の工程とを具備してなることを特徴とする画像再構成法として構成されても良い。請求項1に記載の画像再構成法では、視差による物体縮小像間のずれが解消される一方、情報が得られない画素の発生を招くこともあるが、補間処理によって美しい再構成画像を得ることができる。

【0031】更に、上記補間処理で得られた単一の物体像を鮮鋭化処理する第4の工程を具備しているものも考えられる。このように構成することによって、請求項2に記載の画像再構成法で得られた再構成画像に対してエッジ強調等の鮮鋭化処理を施すことが可能となり、更に解像度の高い再構成画像を得ることができる。

【0032】ここで、上記シフト量を上記相関演算に用いられる相関関数における相関ピークとして算定することによって、物体とマイクロレンズアレイとの距離や、マイクロレンズアレイ及び受光素子におけるアライメント誤差とは関係なく、上記物体縮小像の画像情報から、該物体縮小像間の相対位置情報を算定することが可能となる。

【0033】また、上記シフト量を上記相関関数を所定の範囲で積分して得られる領域を2等分するシフト量に基づいて決定する形態も考えられる。このような形態によれば、上記相関関数として離散的な相関関数を線形補間した相関関数を適用した場合等、相関ピークを示すシフト量を相関関数から直接的に読み取ることが困難である場合にも、相関ピークを示すシフト量を算定することが可能となる。

【0034】ここで、複眼画像入力装置を用いて取得する物体縮小像は、物体の画像情報を受光素子によって取得した離散的な点の集合である。また、算定すべきシフト量は離散点の間隔より小さい。このため、物体縮小像間の相関演算には、離散的な相関関数が適用され、且つ該相関関数における相関ピークを示すシフト量の算定には、上記離散的な相関関数を線形補間したものが用いられることになる。

【0035】請求項1に記載の発明を画像再構成装置として捉えたと、複数のマイクロレンズが配列されたマイクロレンズアレイにより、受光素子上に結像される複数の物体縮小像から単一の物体像を再構成する画像再構成装置において、上記物体縮小像間の相対位置を、上記物体縮小像間のシフト量に関する相関演算によって算定する第1の手段と、上記物体縮小像の画素を、上記第1の手段により得られたシフト量に基づいて上記相対位置のずれの修正された単一の物体像として同一領域上に再配置する第2の手段とを具備してなることを特徴とする画像再構成装置となる。このように構成することによって、物体とマイクロレンズアレイとの距離や、マイクロレンズアレイ及び受光素子におけるアライメント誤差とは関係なく、上記受光素子上に結像された上記物体縮小像から算定可能な相対位置情報に基づいて、該相対位置のずれの修正された単一の物体像として物体像を再構成可能であるため、高い解像度を得ることができる。例えば、各手段の一実施例としては、上述した請求項1における各工程を実行可能であって、コンピュータ等に格納されたプログラムであることが望ましい。

【0036】また、請求項2に記載の発明についても同様に、複数のマイクロレンズが配列されたマイクロレンズアレイにより、受光素子上に結像される複数の物体縮

小像から単一の物体像を再構成する画像再構成装置において、上記物体縮小像間の相対位置を、上記物体縮小像間のシフト量に関する相関演算によって算定する第1の手段と、上記物体縮小像の画素を、上記第1の手段により得られたシフト量に基づいて上記相対位置のずれの修正された単一の物体像として同一領域上に再配置する第2の手段と、上記第2の手段により再配置された上記単一の物体像の欠失した画素を、補間処理により得る第3の手段とを具備してなることを特徴とする画像再構成装置と考えられる。これにより、欠失した画素を含む再構成画像を補間処理することが可能となり、美しい再構成画像を得ることができる。

【0037】更にまた、請求項3に記載の発明についても、上記補間処理で得られた単一の物体像を鮮鋭化処理する第4の手段を更に具備してなる形態として考えられよう。このような形態によれば、ぼけのある再構成画像をエッジ強調等の鮮鋭化処理することが可能となり、更に解像度の高い再構成画像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施の形態に係る画像再構成法の流れを示す図。

【図2】マイクロレンズアレイによって受光素子上に結像され、画像情報に変換された物体縮小像を示す図。

【図3】物体縮小像間の相関関数を示す図。

【図4】画像の再配置についての概略説明図。

【図5】相対位置に従って上記物体縮小像の画素を単一の物体像として再配置した画像を示す図。

【図6】再配置された単一の物体像の欠失した画素を補間処理した画像を示す図。

【図7】補間処理された単一の物体像を鮮鋭化処理した画像を示す図。

【符号の説明】

A …物体縮小像

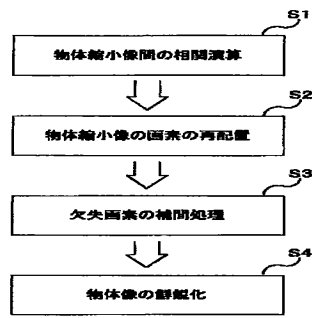
B …物体縮小像

C …物体縮小像

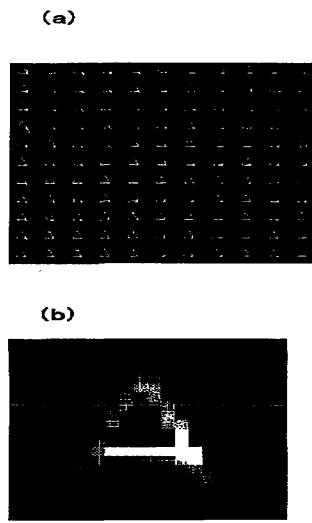
D …単一の物体像を形成する領域

S1、S2、…処理手順（ステップ）の番号

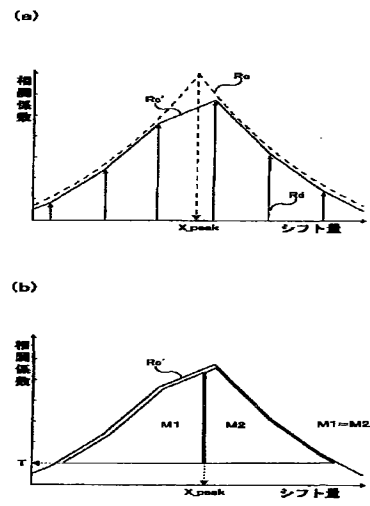
【図 1】



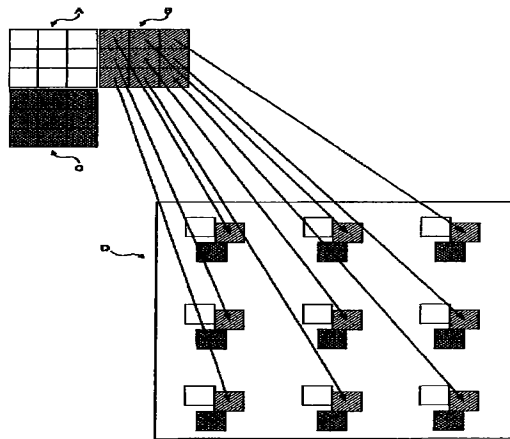
【図 2】



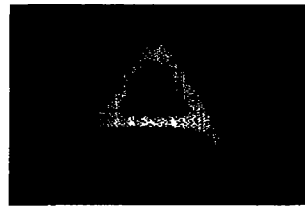
【図 3】



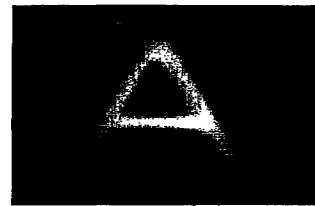
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】





フロントページの続き

Fターム(参考) 5B057 BA02 BA12 BA15 CA08 CA12  
CA16 CB08 CB12 CB16 CD06  
CE03 CE08 DA07 DB02  
5C024 CX37 EX43